

文章编号: 1009-3850(2006)03-0067-05

地震相干技术在断层与沉积相解释中的应用

李玉新

(胜利油田 东胜公司勘探开发研究中心, 山东 东营 257000)

摘要: 地震相干技术主要应用在断层和沉积相的解释中, 确定有利储层沉积相带, 正确指导油田的勘探与开发工作。本文着重论述了地震相干技术在断层与沉积相解释中的应用, 研究发现当存在断层、地层岩性突变和特殊地质体时, 相干图将展现出不同的相干特征, 准确识别出现的地质现象。

关键词: 地震相干技术; 断层; 沉积相

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

1 前言

国际上最先提出和进行相干技术研究的是美国阿莫科(Amoco)石油公司的 M. Bahorich 和 S. Farmer, 之后一些相关的地震解释软件公司开始进行相干软件的研制开发, 并推向市场。由于相干分析软件简单易学, 相干分析成果准确实用, 此技术得到了迅速推广。20世纪90年代末, 国内许多地震解释专家也在不断进行相干解释技术的研究和探讨^[1, 2]。中石油物探局的李玲、冯许魁于 1998 年用地震相干数据体对断层自动解释进行了研究, 通过反复试验归纳, 初步总结了有关断层自动和半自动解释的步骤, 指出了应用地震相干数据体解释断层的有效性。余德平等介绍了多道相关技术的数学原理, 用多道相关技术制作三维相干数据体的方法, 论述了三维相干数据体在实际资料中的应用, 结果证明三维相干数据体具有速度快、无人工干预等优点, 不仅可以快速准确的确定断层平面展布及其细节特征, 而且可以利用其提供的地层产状信息研究目标储层的构造沉积演化体系^[3, 4]。目前在胜利、大庆、大港、华北、中原、四川等油田, 地震相干技术正在被广泛加以应用。

相干是多道地震数据间相似程度的一种度量, 它可以在信号较弱或有效信号被噪声干扰的情况下提供数据相似性的定量值。地震相干数据体根据所给数据的道数、倾角大小和计算选择时窗大小, 可计算其相关系数; 相关系数是地震道时间和两地震倾角的函数^[2, 5]。

在三维地震数据体中, 可以采用不同的地震道空间组合模式提取相关属性。这些模式可以从不同的侧面反映储集层的特征, 如非均质性、断层类型等。在纵、横测线方向上分别计算地震道的相似性, 可以测量出二维相关性。由这些二维测量值的组合可以得到三维相关性的量度。选用合适的地震道的空间组合模式, 先固定某一方向 x , 时窗沿 y 轴滑动, 然后沿 x 方向增加步长 Δx , 这样, 沿此时间切片即可计算每个网格点的相关值。对一系列时间切片重复此过程, 就可得到三维相关属性数据体^[6]。

2 地震相干技术与断层解释

地震相干的最有效和最重要的应用之一是同相轴的检测, 特别是当同相轴的幅值较小并隐藏在噪声中时, 除检测外该测量还对同相轴的强度赋予一个定量的值, 若其估值是一个能量归一化的度量值,

则很容易转换为信噪比,因此相干可以对数据质量给出评估,它的计算可以在相干较弱或被噪声干扰的情况下提供出数据相似性的定量值,互相关则是它的计算基础,断层解释是地震相干解释最主要的用途之一^[7]。

断层解释中,规模较大的断层一般易于识别解释,而一些比较隐蔽、延伸不长、断距较小的断层,通常难于识别解释。但这些断层在地震剖面上表现出连续的地震反射发生错断或扭动,其波形的相似性发生变化,连续性变差。根据断层的这一地震反射特点,利用相干技术,定量地算出在一定视窗内相邻地震道间的相关值,就可以在相关值分布图上把细小断层反映出来,并利用相关数据体从宏观上认识断层空间展布规律。

相关道数包括有线性3道、正交3道、正交5道和正交9道(图1)。对于同一个地区,选用不同的相干数据进行运算,可能得到不同的效果。从对比结果来看,三点相关对于识别断层效果较好,不连续的断层带显示细而清晰;九点相关显示的断层带宽而模糊;这时因为一般参与相干计算的道数越多,平均效应越大,这时突出的主要是大断层。相反,相干道数少,平均效应小,就会突出小断层。所以在计算地震相干性时要根据研究目的来选择相干数据。

相关时窗的选择一般由地震剖面上反射波视周期 t 决定。当反映断层时,其计算时窗通常取 $t/2$ 到 $3t/2$;而反映地层分布时,计算时窗大于 $3t/2$ 。原因在于计算时窗小于 $t/2$ 时,因为相干时窗小,视野窄,看不到一个完整的波峰或波谷,由此计算出的相干数据值小的区带可能反映噪声,不是反映小断层存在的位置。

相关类型一般为最大值、最小值和中值;选择时一般由地震资料的品质来决定。对于地震资料品质较高的地区,检测断层选择最小属性;对于地震资料品质较差的地区,则选择中值属性,或者在相干处理前,对地震数据体进行滤波或影像加强处理后,再选

择最小属性。

相干技术在断层解释的实际应用中,具有以下3个特点:

1. 使常规断层解释更准确

在常规断层解释中,尤其是对新区的地震解释,在无前人资料的情况下,很难掌握其断层的发育特点,只能在摸索中进行解释。但是,在进行相干处理后,通过不同时间的相干体切片的连续播放,就可以在做地震解释前,首先了解断层的区域展布特点和空间变化特征,从而可以指导工作人员进行地震解释,使常规断层解释变得更直接,更快捷。图2为哈萨克斯坦A油田解释前的相干体切片及其白垩系顶面构造解释后的成果图。该油田的东北部为断层发育区,断层多而复杂,从相干体切片中,很容易看出断层北东走向、雁尾式排列的发育特点,使常规解释工作少走了许多弯路,有效的缩短了地震解释周期。

2. 可以精细断层解释,识别小断层

在三维地震数据体中,同相轴所反映的地质信息比较多,也比较复杂,不同的地质现象可能具有相同的地震反映,例如地震资料中同相轴没有明显断开,只发生扭曲时,就很难判断是小断层还是岩性变化引起的,在常规构造解释中,就会忽略一些小断层,而这些小断层在勘探开发中往往具有很重要的意义。利用相干分析,可以准确的区分和识别出这些小断层,图3圆圈内为解释中遗漏的小断层,图4圆圈内为小断层在地震上的响应。通过对比应用可以看出,相干技术在小断层的精细识别方面效果较为理想。

3. 使断裂组合解释更准确可靠

在断层较为发育的地区,尤其是小断层较多、断层走向比较复杂、规律性较差的地区,怎样进行断裂组合是地震解释中的一个重点,也是难点。常规地震解释主要是依据经验,经过反复研究推敲,再结合开发等信息进行判断解释,解释的难度相对比较大,

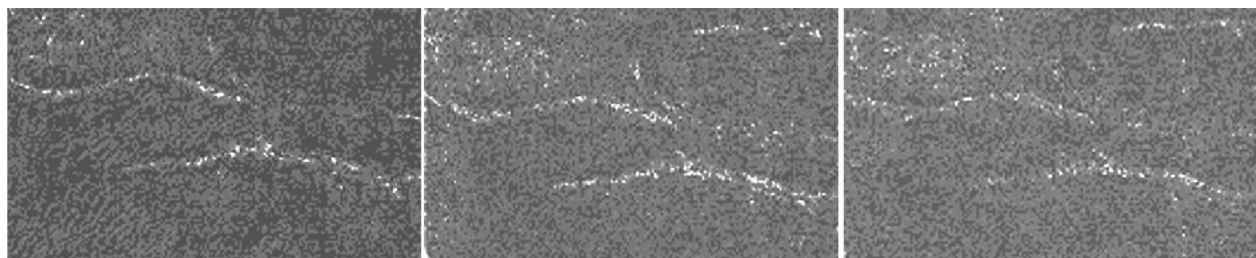


图1 大芦湖油田樊11块沙三中相干分析资料

Fig. 1 Coherence data for the middle part of the 3rd member of the Shahejie Formation in the Fan-11 block, Dalu Oil Field

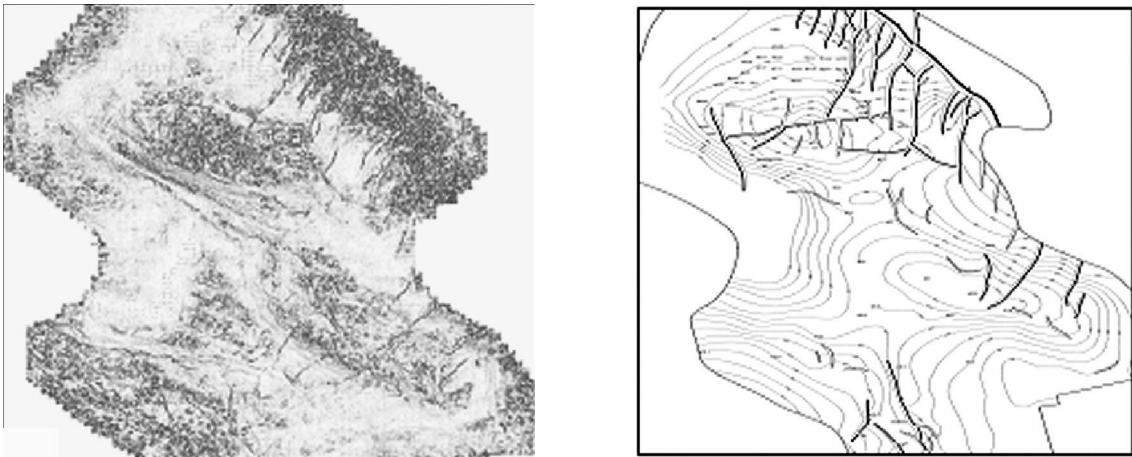


图2 哈萨克斯坦 A 油田相干体切片(左)及其白垩系顶面构造图(右)

Fig.2 Coherence slices (left) and the top structures of the cretaceous strata (right) in Field A in Kazakhstan

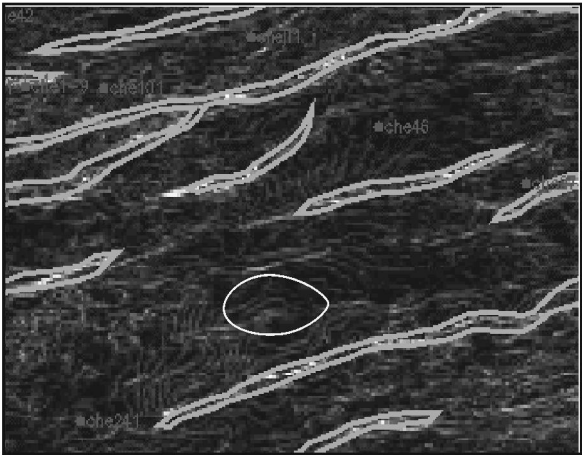


图3 东风港油田车41块 T2 反射层相干图

Fig.3 Coherence traces of the T2 reflection horizon within the Che-41 block of the Dongfenggang Oil Field

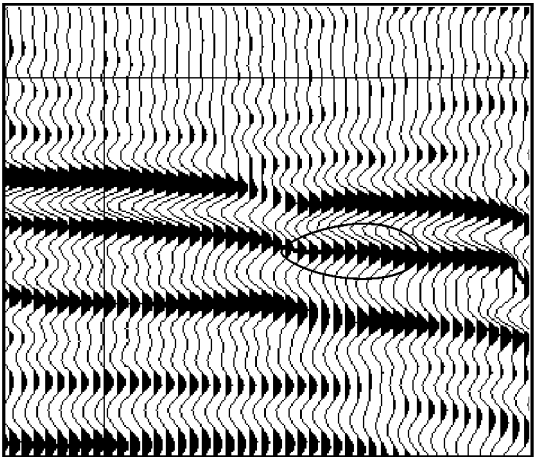


图4 东风港油田车41块地震剖面图

Fig.4 Seismic profile through the Che-41 block of the Dongfenggang Oil Field

准确率相对比较低。借助相干技术,就可以很容易识别出断裂组合特征,并可以验证解释成果,使成果图件更加准确实用。如博兴洼陷的樊东地区(图 5、图 6),其T2、T3反射界面断层非常复杂,除发育以东西走向为主的断层外,还发育大量的近南北向断层和北东向断层,以及次生小断层,断层组合解释难度比较大。通过对三维数据体的相干处理,其断层组合特征就很可以清晰地显示在相干体切片上,从而,就可以准确的识别出该地区的断层发育特征,以及断层组合方式。

3 地震相干技术与沉积相分析

当沉积相发生变化时,其地震属性特征(振幅、频率、波形、连续性)也会有所变化。地质上划分沉积相是以沉积环境中占主导地位的自然地理条件为主要依据,并结合沉积动力、沉积特征和其他沉积条

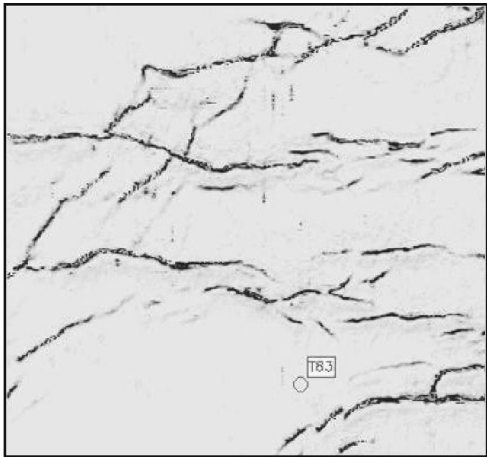


图5 樊东三维T2 反射层相干体切片

Fig.5 Coherence slices of the T2 reflection horizon in Fandong

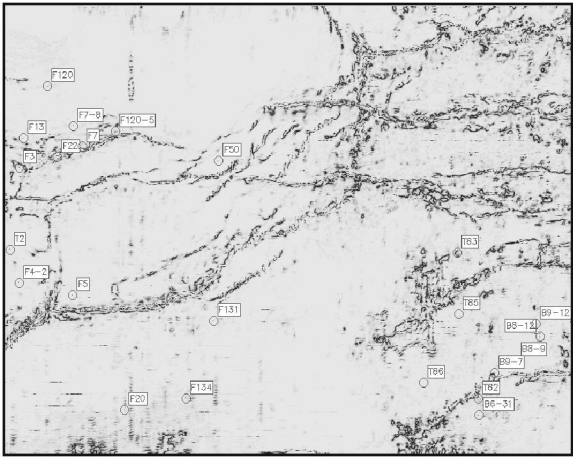


图 6 樊东三维 T3 反射层相干体切片

Fig. 6 Coherence slices of the T3 reflection horizon in Fandong



图 7 新户地区 Tg 反射层相干体切片

Fig. 7 Coherence slices of the Tg reflection horizon in the Xinhu region

件进行划分。利用地震资料划分沉积相是以地震相为主要依据,地震相主要通过地震反射结构、振幅、连续性等地震反射参数进行描述(表 1)。因此,应用相干技术研究地震反射参数,可以进行沉积相带的划分^[8]。从相干原理上,可以得到不同沉积相类型对应的不同的相关值。

(1)河流相:一般为高能环境,连续性低,反射波的横向变化大,相似性差,故而相关值较滨浅湖相和冲积平原相为低值,在相关等值图上表现为低值区。

(2)三角洲前缘:具有强振幅、高连续的特点,能量中等,相关值较滨浅湖相高。

(3)滨浅湖相:滨浅湖相处于一个由高能到低能环境的过渡区,能量为高一中,反射波为中连续,中振幅,相关值较三角洲前缘低。

(4)半深湖—深湖相:湖相沉积稳定,连续性高,是低能环境的沉积,反射波横向上变化小,相似性好,故相关值高。

(5)冲积扇:冲积扇是沉积物快速堆积的产物,其具强振幅、低连续的特点,反射波横向变化大,相似性差,相关值低。

从新户地区 Tg 反射层相干体切片(图 7)可以

看出,图中右上部分颜色较为均匀的区域为滨浅湖沉积特点,反射波连续性较好,横向变化小,相似性好,相关值高;左下部颜色深浅交杂的区域为河流相沉积特点,反射振幅较强,横向变化较大,呈杂乱斜交型,连续性差,相关值低。王庄、滨一区沙三下相干图(图 8)特征也比较明显,图中下方区域也属滨浅湖沉积特点,反射波连续性较好,相关值高;上方区域为扇体发育区,反射振幅较强,相似性差,相关值低。

4 结 论

(1)开展地震相干技术地质应用,首先要对地震资料要进行评估。只有信噪比高的资料解释出的断层才可信,否则很难对相干进行解释。不相干数据异常也可能是因岩性变化或其它地质现象所导致,所以在解释时结合垂直剖面进行具体分析,不要一概而论。

(2)相干体解释技术的应用,不仅可以缩短资料解释周期,更重要的是充分发挥三维数据体的作用,提供更多、更有效的地质和油气信息。在断层解释

表 1 沉积相及其地震反射参数

Table 1 Sedimentary facies and their seismic reflection parameters

沉积相	地震反射参数				沉积能量
	外形	内部结构	振幅	连续性	
河流相	充填型	杂乱或斜交型	强	低	高
三角洲前缘	透境状	S 型或斜交型	强	高	中
滨浅湖	席状到楔形	平行到发散	中、弱	中	高、中
半深湖—深湖	席状到席状披盖	平行或亚平行	中	高	低
冲积扇	丘型	楔形乱岗	强	低	高

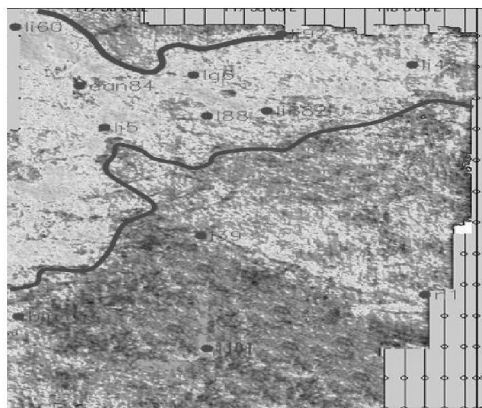


图8 王庄、滨一区沙三下相干图

Fig. 8 Coherence diagram of the lower part of the 3rd member of the Shahejie Formation in Wangzhuang and Binyi districts

过程中,解释人员的主观判断干预和经验因素减少,借助不同相干数据信息,不但使断层解释更直观快捷,工作效率也大大提高,解释结果也更客观、合理。

(3)针对不同的研究目的,要选择不同的相关道数,相关道数的选择不仅要考虑地质条件而且要考虑地震信号的信噪比,三点相关反映断层较好,五点和九点相关反映储集体横向变化较好;就断层而言,地震资料信噪比高,选择三点相关较好,地震资料信噪比低,则选择五点或九点相关较好。

(4)断层解释是相干技术应用最主要的一个方面,尤其是在解释小断层和组合断裂系统方面有较

好应用,它不仅可以有效地识别出常规构造解释难以发现的断层,还可以准确判断出复杂断层之间的交会组合及接触关系,使断层平面组合方案唯一化。

(5)通过对不同沉积相的相干特征进行分析,可以研究沉积规律,识别出有利储集体的分布特征,对油气勘探、开发具有一定的指导意义。

本文在编写过程中,得到了丘东洲、陈东的指导 and 帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 陆基孟,等.地震勘探原理及资料解释[M].北京:石油工业出版社,1985.
- [2] Brown A R. 用于3-D地震的一种相干方法[J].国外油气勘探,1998,10(3):355—356.
- [3] 余德平,曹辉,郭全仕.应用三维相干技术进行精细地震解释[J].石油物探,2000,39(2):83—88.
- [4] 余德平,曹辉,王咸彬.相干数据体及其在三维地震解释中的应用[J].石油物探,1998,37(4):75—79.
- [5] 侯伯刚,乌达巴拉,杨再岩,等.地震相干体技术简介及其应用[J].现代地质,1999,13(1):121—124.
- [6] 阎德庆,杨飞鹏,等.应用改进的相干算法提高三维地震资料解释精度[J].物探化探计算技术,2001,23(4):314—317.
- [7] 刘传虎.地震相干分析技术在裂缝油气藏预测中的应用[J].石油地球物理勘探,2001,36(2):238—244.
- [8] 邹才能,张颖,等.油气勘探开发实用地震新技术[M].北京:石油工业出版社,2002.

The application of the seismic coherence technique to the interpretation of faults and sedimentary facies in the Shengli Oil Field

LI Yu-xin

(Dongsheng Petroleum Exploration and Development Centre, Shengli Oil Field, Dongying 257000, Shandong, China)

Abstract: The seismic coherence technique was proposed for the first time in 1994 by M. Bajorich and S. Farmer from the Amoco Petroleum Company, USA and has been developed and improved in recent years in the interpretation of the variations in faults and sedimentary facies, and delineation of the sedimentary facies zones within favourable hydrocarbon reservoirs. The present paper deals with the application of the seismic coherence technique to the interpretation of faults and sedimentary facies in the Shengli Oil Field. The seismic coherence traces tend to vary in response to the variations in faults, stratigraphic and lithologic features. The study of these coherence traces will be helpful to the delineation of the planar distribution of faults and favourable hydrocarbon reservoirs, and thus significant in the exploration and development of oil and gas.

Key words: seismic coherence technique; fault; sedimentary facies